

**Ф.И. Ягодкин, А.Ю. Прокопов**

## **КЛАССИФИКАЦИЯ НАГРУЗОК И ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ЖЕСТКУЮ АРМИРОВКУ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ**

*Рассмотрены основные нагрузки и воздействия на жесткую армировку вертикальных стволов, даны рекомендации по их проектированию.*

*Ключевые слова:* жесткая армировка, вертикальные стволы, эксплуатационная нагрузка

**Семинар № 4**

---

**F.I. Jagodkin, A.J. Prokopov**  
**CLASSIFICATION OF LOADINGS  
AND INFLUENCES ON RIGID AR-  
MIROVKA VERTICAL STVO-LOV**

*The basic loadings and carts-actions on rigid reinforcement are considered twirl-kalnyh trunks, recommendations about their designing are made.*

*Key words:* rigid reinforcement, twirl-kalnye trunks, operational nagruz

**Б**ольшинство стволов имеют срок эксплуатации, равный сроку службы горнодобывающего предприятия (50-60 лет и более), большую глубину и сооружаются в сложных горно-геологических условиях (обводнённые, слабоустойчивые, сильноотрещиноватые породы и др.).

Повреждения, дефекты армировки и связанные с этим аварии могут иметь место при сооружении ствола шахты в начальный период его эксплуатации, а также на дальнейших стадиях [1]. Они могут быть вызваны, во-первых, неблагоприятным воздействием непредвиденных факторов (например, значительной деформацией вмещающего породного массива) и, во-вторых, систематическим техническим износом элементов крепи и

армировки ствола в сочетании с действием собственных и эксплуатационных нагрузок.

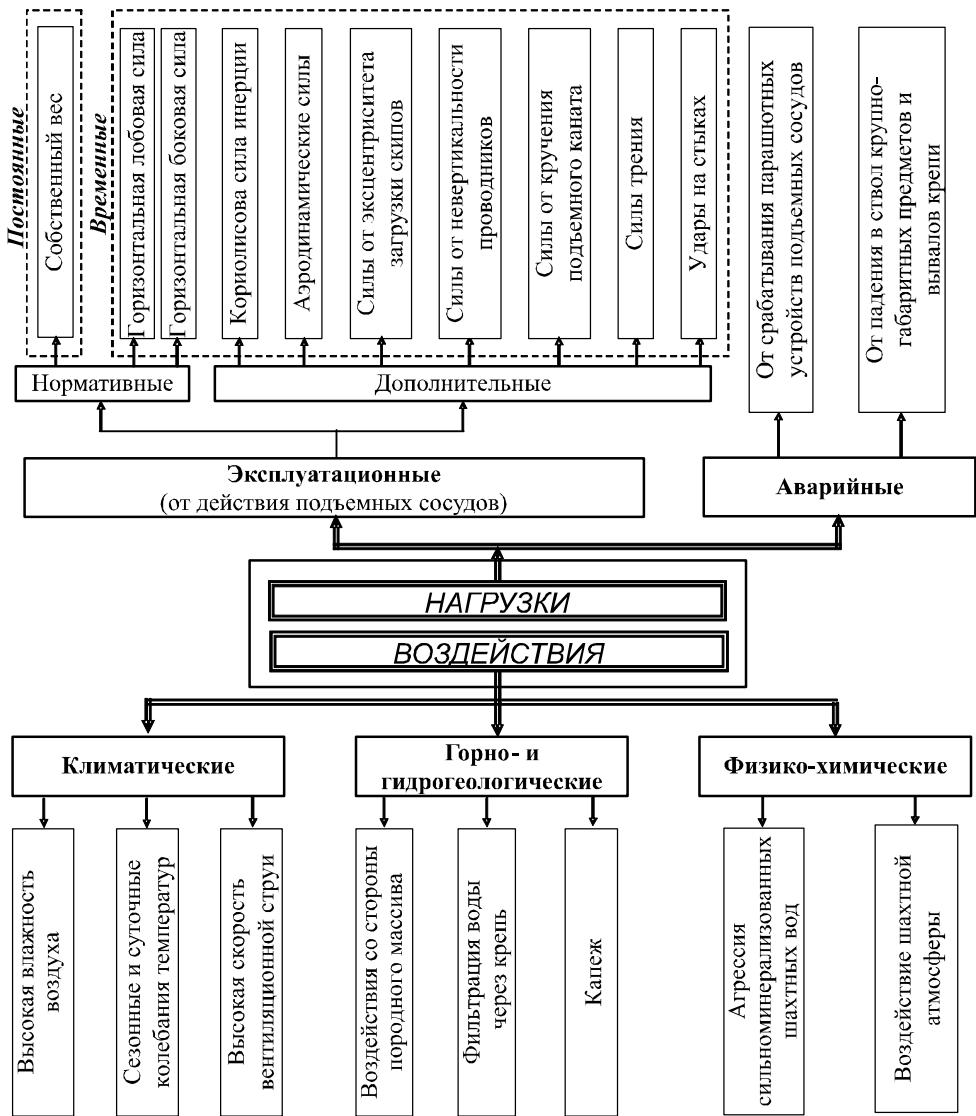
Анализ условий работы армировки вертикальных стволов позволил выделить основные группы нагрузок и воздействий на армировку (рис. 1).

Рассмотрим более подробно все основные нагрузки и воздействия на армировку, приведенные в классификации на рис. 1, а также степень и последствия их влияния на металлические конструкции жесткой армировки.

### **Эксплуатационные нагрузки.**

Согласно действующим нормативным документам [2, 3] эксплуатационные нагрузки и воздействия на армировку подразделяют на постоянные и временные. К постоянным относят статические нагрузки от собственного веса конструкций армировки, к основным временным – горизонтальные силы на проводник в лобовом и боковом направлениях со стороны движущегося подъемного сосуда, определяемые формулой

$$P^{n(6)} = \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot \delta \cdot K_p^2 \cdot (m \cdot V^2)}{h^2} \cdot n^{n(6)}, \quad (1)$$



**Рис. 1. Классификация нагрузок и воздействий на армировку**

где  $\delta$  – зазор на сторону между рабочими или предохранительными направляющими скольжения и проводником;  $K_p$  – коэффициент влияния типа рабочих направляющих подъемного сосуда,  $K_p = 1,0$  при жестких направляющих скольжения,  $K_p = 0,85$  – при упругих роликовых направляющих;  $mV^2$  – интенсивность подъе-

ма, Дж;  $m$  и  $V$  – соответственно масса, кг, и скорость, м/с, груженого подъемного сосуда;  $h$  – шаг армировки, м;  $n^{A(6)}$  – коэффициент, определяемый по [6] в зависимости от значений эксцентрикситета центра масс груженого сосуда в вертикальной плоскости, искривления и логарифма жесткости проводников.

Как следует из формулы (1), основные нагрузки на армировку зависят от массы и скорости подъемного сосуда, а также от шага армировки и жесткости проводников.

Эксплуатационные нагрузки вызываются колебаниями подъемных сосудов, движущихся по проводникам армировки, которые определяются деформационными и кинетическими свойствами динамической системы «подъемный сосуд – армировка». Эксплуатационные нагрузки имеют случайную составляющую по глубине, что объясняется случайным характером механических свойств армировки (монтажными отклонениями проводников, некачественной заделки концов расстрелов и т.д.).

Расчет армировки на горизонтальные эксплуатационные нагрузки, согласно нормативным документам [2, 3], заключается в определении сечений основных элементов (проводников, расстрелов) и шага армировки. Все остальные параметры системы «подъемный сосуд – армировка» считаются исходными.

Расчет производится методом пробных вариантов. Сечения и шаг армировки рассчитывается по двум предельным состояниям:

а) *первой группы*, наступающим в результате потери несущей способности элементов армировки из-за разрушения при силовом воздействии с учетом неблагоприятного влияния внешней среды (коррозионного и механического износа) или потери устойчивости движения подъемных судов при возникновении резонансных колебаний;

б) *второй группы*, наступающими в результате непригодности конструкций к нормальной эксплуатации по технологическим условиям, из-за появления недопустимых прогибов армировки и колебаний подъемного суда.

Кроме основных эксплуатационных нагрузок, учитываемых нормативной методикой, на армировку действует целый ряд дополнительных эксплуатационных нагрузок, которые считаются второстепенными. Согласно [2, 3] их величиной можно пренебречь, так как они учитываются коэффициентами запаса при определении нагрузок от подъемных судов.

Однако, с прогнозируемым увеличением скоростей подъема до 20 м/с, концевых нагрузок до 100 т, глубины и диаметра стволов следует ожидать значительного возрастания влияния статических нагрузок от собственного веса конструкции армировки и дополнительных временных нагрузок, связанных с аэродинамическими воздействиями на подъемные суды, эксцентризитетом загрузки судов, качеством монтажа конструкций и др. О необходимости учета дополнительных эксплуатационных нагрузок на армировку свидетельствуют ряд научных исследований, выполненных в последнее время [4] – [6].

Проанализируем причины возникновения и степень влияния дополнительных сил.

*Кориолисова сила*  $P_k$  является результатом сложного движения подъемного судна по стволу, состоящего из движения относительно собственно ствола с некоторой скоростью  $V_c$  и переносного движения, возникающего вследствие суточного вращения Земли с угловой скоростью

$$\omega = \frac{2\pi}{24 \cdot 60 \cdot 60} = \frac{1}{13700}, \text{ 1/c.}$$

При таком движении подъемный суден испытывает дополнительное (кориолисово) ускорение, которое определяется по формуле

$$\bar{\omega}_c = 2 \cdot \bar{\omega} \cdot \bar{V}_c,$$

где  $\bar{\omega}$  – вектор угловой скорости вращения Земли, направленный вдоль

ее оси в сторону северного полюса;  $\bar{V}_c$  – вектор скорости движения подъемного сосуда относительно ствола.

Расчет величины  $P_k$  для стволов с различной интенсивностью подъема [7] свидетельствует, что она прямо-пропорциональна массе и скорости движения скипа, а при прогнозируемой интенсивности подъема 40 МДж возникает дополнительная сила на армировку величиной до 2 кН, что сравнимо с действующими в настоящее время основными нагрузками на армировку, и пренебрегать такой величиной будет недопустимо.

Аэродинамическая сила  $P_a$  действует в результате взаимодействия подъемного сосуда с воздушной струей. Ее величина зависит от скорости движения сосуда, скорости движения воздушной струи, расположения подъемного сосуда в стволе и др. факторов [8, 9].

Кроме аэродинамических сил, вызванных разностью давлений на различных участках сечения ствола, на подъемный сосуд может действовать дополнительная сила, вызванная отклонением скипа при движении от вертикального положения. При этом появляется горизонтальная составляющая аэродинамической силы от встречного движения скипа и вентиляционной струи. Эта сила зависит от угла атаки  $\alpha$  вентиляционного потока, который ограничивается возможным отклонением скипа, движущегося в проводниках, от вертикального положения [10].

С увеличением встречной скорости скипа и вентиляционной струи, а также из-за повышения грузоподъемности скипа возрастет его высота и, как следствие площадь боковой поверхности, которая воспринимает аэродинамические силы и передает их на армировку.

Вследствие увеличения аэродинамических сил будет наблюдаться усиление аэродинамического удара в месте встречи подъемных судов, который также не учитывается в действующей методике расчета жестких армировок.

Горизонтальная составляющая силы  $P_a$  существенно (на порядок) возрастает в месте встречи подъемных судов [10], где возникает подпор воздуха, который стремится расширить пропускное сечение воздушной струи между судами. Затем часть воздуха проходит с повышенной скоростью между подъемными судами, его статическое давление падает, вследствие этого возникает толчкообразное ускорение подъемного суда, направленное к середине ствола и вызываемое более высоким статическим давлением воздуха в крайних сегментах сечения ствола.

Расчетное значение дополнительной силы на армировку, вызванной аэродинамическим ударом от встречи скипов при интенсивности подъема 40 МДж может достигать 4,5 кН [11], и пренебрежение такой нагрузкой на расстрелы при проектировании армировки может привести к потере устойчивости системы «суд – армировка» и возникновению аварийной ситуации. Следует отметить, что при использовании многоканатного подъема место встречи скипов будет одним и тем же, поэтому конструктивное усиление армировки будет целесообразным только на данном участке ствола. В случае же использования независимых одноканатных подъемов место встречи скипов может быть произвольным, поэтому на данную нагрузку должны быть рассчитаны расстрелы по всей глубине ствола.

Эксцентризитет судна в горизонтальной плоскости, обусловленный неравномерностью загрузки скипа

или клети, вследствие образующегося опрокидывающего момента может вызывать перекос подъемного сосуда и, как следствие, дополнительную нагрузку на проводники. Величина эксцентрикитета в горизонтальной плоскости имеет вероятностный характер, так как зависит от степени несимметричности загрузки, которая, по данным ВНИИОМШСа, может достигать для сколов  $0,1 \div 0,15 Q_f$  и для клетей  $-0,3 \div 0,5 Q_f$ , где  $Q_f$  – суммарный вес груза.

Направление и модуль эксцентрикитета влияет на направление и величину дополнительного усилия на проводник. Так при смещении центра масс груженого подъемного сосуда вдоль оси, соединяющей двусторонние проводники, увеличивается лобовая нагрузка на них, а при смещении в перпендикулярном направлении – увеличивается боковая нагрузка [12].

При увеличении массы и высоты подъемных сосудов дополнительная нагрузка на армировку вследствие эксцентрикитета в горизонтальной плоскости будет возрастать, и пренебрегать ею при расчетах будет недопустимо.

Условно принято, что проводники расположены строго в вертикальной плоскости, а расстрелы – в горизонтальной, при этом соблюдается точная соосность расстрелов истыковка проводников. Фактически расстрелы и проводники установлены с определенными отклонениями от проектных геометрических параметров, регламентируемыми нормами [3]. Даже при соблюдении допустимых отклонений на армировку воздействуют *дополнительные силы, возникающие от неточности установки проводников*. Вследствие того, что проводники на отдельных участках установлены не строго вертикально, а с некоторыми (иногда недопустимыми) отклонениями

от вертикали, движение подъемного сосуда также направлено не строго вертикально, из-за чего возникает горизонтальная составляющая силы тяжести, которая возрастает с увеличением грузоподъемности подъемного сосуда. Более подробно воздействие дополнительной силы на армировку вследствие невертикальности проводников рассмотрено в работе [13].

*Силы от крутящего момента, возникающего в головном канате.* Общеизвестно, что при растяжении сталепроволочного каната осевыми усилиями в нем возникают моменты, стремящиеся раскрутить канат, т.е. увеличить шаг свивки прядей. Для устранения этого явления используют многослойные прядесpirальные канаты, которые получили не совсем точное название некрутящихся канатов. Однако, даже для некрутящихся канатов полностью не исключена возможность вращения подъемного сосуда при увеличении его нагрузки или при изменении длины отвеса каната.

Исследованиями [9] установлено, что крутящий момент, передаваемый подъемному сосуду, от кручения каната прямопропорционален диаметру каната  $d$  и концевой нагрузке  $Q_k$ .

Следовательно, с увеличением грузоподъемности сосудов возрастает крутящий момент. Особенно высокая концевая нагрузка и, как следствие крутящий момент, ожидается в момент ускорения подъемного сосуда, которое, предположительно также будет увеличиваться из-за повышения максимальной тахограммной скорости подъема до 18 – 20 м/с.

*Силы трения.* При движении подъемного сосуда возникает контакт направляющих устройств с проводниками, при этом возникают диссипативные силы, действующие в направлении, противоположном направлению

движения сосуда. В зависимости от типа направляющих устройств возникающие диссипативные силы могут быть представлены, как

- силы трения скольжения (при использовании башмаков скольжения);
- силы трения качения (при использовании роликоопор).

Как известно, любые силы трения прямо пропорциональны реакциям опор и соответствующим коэффициентам трения. Таким образом, силы трения, действующие на проводник, будут определяться лобовой  $N_l$  и боковой  $N_b$  реакциями проводника, которые складываются из соответствующих лобовых и боковых усилий со стороны подъемного сосуда.

**Удары на стыках проводников.** Кроме отклонений, величина которых не превышает регламентируемых СНиП, при монтаже, а чаще при эксплуатации армировки могут возникать недопустимые отклонения или деформации армировки. В случае смещения отдельных звеньев проводника относительно друг друга, на стыках могут возникать динамические удары, в результате чего на проводник действует значительная вертикальная сила, зависящая от массы, скорости подъемного сосуда и величины «выступа» проводника на стыке. Более подробно процесс ударного взаимодействия роликовых направляющих подъемного сосуда со стыком проводников рассмотрен в работе [14].

**Аварийные нагрузки.** Под аварийными нагрузками понимают вертикальные нагрузки на армировку, возникающие при обрыве подъемного каната и срабатывании захватывающих парашютов или падении в ствол крупногабаритных предметов (вагонеток, оборудования, отслоившихся кусков или элементов крепи и др.). Аварийные нагрузки первого типа имеют место в подъемах, оборудо-

ванных воздействующими на проводник парашютами, и величина их во многом зависит от конструкции парашютов. Аварийные нагрузки второго типа связаны, как правило, с нарушением требований ПБ (некачественная фиксация вагонеток в клети, эксплуатация неисправных подъемных сосудов, нарушения на верхней приемной площадке и др.) или разрушением элементов крепи ствола или узлов заделки расстрелов. При ударных аварийных нагрузках, в элементах армировки, как правило, возникают недопустимые деформации, в результате чего нарушенные проводники и расстrelы подвергают ремонту или полной замене.

**Климатические воздействия.** К климатическим факторам, оказывающим влияние на состояние армировки вертикальных стволов, относятся высокая влажность воздуха, сезонные и суточные колебания температур, высокая скорость вентиляционной струи.

**Влажность.** Поступающий в ствол с поверхности воздух имеет обычно малую влажность (50-55%), однако при движении по стволу быстро насыщается влагой. Относительная влажность воздуха в вертикальных стволях во многом зависит от их обводненности и в соответствии с замерами составляет обычно 80-90%. В сильно обводненных глубоких стволях влажность воздуха с глубины 100-200 м достигает 100% [15]. Высокая влажность способствует ускорению окислительных процессов, в результате чего стальные элементы армировки подвергаются коррозийному износу значительно быстрее, чем металлоконструкции, находящиеся в удаленных от стволов горных выработках с меньшей влажностью.

**Колебания температуры воздуха.** Температурный режим вертикальных

стволов шахт характеризуется изменением температуры воздуха в стволе по его глубине в течение суток и года и во многом зависит от назначения ствола в проветривании шахт. Так, в воздухоподающих стволах воздух под действием собственного веса сжимается, при этом изменяются его физические параметры: повышаются его температура, давление и плотность. Термовые параметры вентиляционной струи в воздухоподающих стволах зависят в первую очередь от температуры поступающего в шахту воздуха, его сезонных и суточных колебаний, которые могут изменяться в широких пределах в зависимости от климатического района расположения шахты.

В вентиляционных и других стволах с исходящей струей воздуха проходит обратный процесс: поток воздуха поднимается из зоны с высоким давлением в зону с низким давлением, вследствие этого воздух расширяется и охлаждается. К основным термодинамическим процессам, влияющим на изменение температуры вентиляционной струи, относятся: теплообмен с окружающим горную выработку массивом пород, изменение содержания влаги в воздухе, охлаждение шахтной воды, работа машин и механизмов и др. Как показывают исследования [15], сезонные колебания температуры атмосферного воздуха почти не сказываются на изменении температуры воздуха в стволах с исходящей струей воздуха, поэтому вентиляционные стволы находятся в более благоприятном температурном режиме, чем воздухоподающие.

Сезонные и суточные колебания температуры в воздухоподающих стволах могут оказывать влияние на состояние жесткой армировки вследствие линейного теплового расширения (сужения) металлоконструкций. Для компенсации изменения линейных

размеров проводников, между их стыками, как правило, оставляют зазор величиной 2-3 мм, которого достаточно для учета возможного удлинения. Расстrelы, чаще всего, жестко прикрепляют к стенкам ствола анкерами или заделывают бетонированием в лунках, что при повышении (снижении) температуры в стволе может привести к возникновению дополнительных напряжений и деформаций в конструкциях. Особенно заметным это влияние будет в верхней части воздухоподающего ствола, непосредственно примыкающей к дневной поверхности.

*Скорость воздушной струи.* Вертикальные выработки, являясь основными элементами общешахтных вентиляционных сетей, характеризуются высокими скоростями воздушных (свежих или исходящих) потоков. Согласно Правилам [16, §205], скорость воздуха в вертикальных стволах, служащих для спуска-подъема людей, может достигать 8 м/с, в грузовых стволах – 12 м/с, в стволах для аварийного подъема людей и в вентиляционных каналах – 15 м/с, а в вентиляционных скважинах этот показатель не ограничивается.

Для вентиляции крупных шахт подается 20-40 тыс. м<sup>3</sup>/мин воздуха (до 15 т воздуха на 1 т добываемого полезного ископаемого), весь этот воздух поступает по вертикальным стволам, образуя мощные вентиляционные потоки, встречающие значительное аэродинамическое сопротивление армировки.

Аэродинамическая сила на расстrelы, вызываемая движением вентиляционной струи (без учета аэродинамических эффектов от движущихся подъемных сосудов), по сравнению с эксплуатационными нагрузками на армировку ничтожно мала, поэтому ее можно пренебречь, однако посто-

янная смена воздушных масс сказывается на усилении химического взаимодействия кислорода с поверхностным слоем металлоконструкций, что интенсифицирует процесс их окисления.

**Горно- и гидрогеологические воздействия.** К ним относятся разного рода воздействия со стороны породного массива (горные удары, смешения неустойчивых вмещающих пород и стенок крепи, смешения в результате подработки или геологических нарушений и др.), а также влияние подземных вод.

*Воздействия со стороны породного массива.* В сложных горно-геологических условиях наблюдаются нарушения крепи стволов вследствие влияния деформаций вмещающих стволов пород. Как следствие, происходят нарушения и жесткой армировки вертикальных стволов. К таким причинам, влияющим на состояние ствола относятся: усадка обводненного массива пород вследствие его осушения, влияние очистных работ, пересечение стволов зон старых горных работ и геологических нарушений, влияние сопряжений стволов с околоствольными выработками и камерами и др. [17].

В тяжелом состоянии эксплуатируются стволы, попадающие в зону влияния очистных работ. Влияние очистных работ имеет свои особенности в условиях пологого и крутого залегания вмещающих пород.

В условиях пологих пластов влияние очистных работ проявляется, в основном, в форме опорного давления при оставлении предохранительных целиков недостаточных размеров либо при проведении стволов в зонах остаточного опорного давления у старых очистных выработок. В этих случаях крепь испытывает вертикальные знакопеременные деформации,

которые приводят к изменению расстояния между ярусами армировки и искривлению проводников.

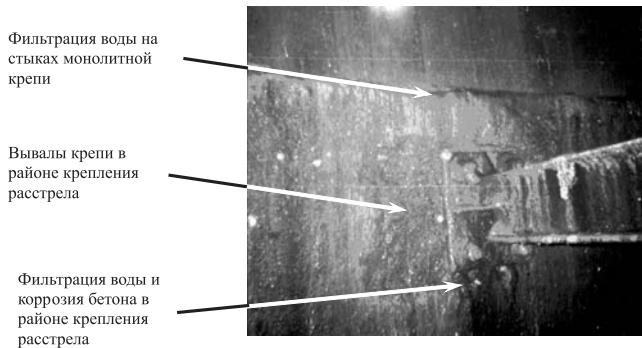
Одной из характерных деформаций стволов в условиях крутого падения является их искривление вследствие процесса сдвижения и его активизации над старыми очистными выработками [18].

На наклонном и крутом падении пород существенную роль играют горизонтальные деформации массива в радиальном нагружении крепи и сужении поперечного сечения ствола [19]. Уменьшения сечения ствола вызывают разрушение крепи с образованием заколов и вывалов и сопровождаются изгибом расстрелов.

В практике встречаются случаи, когда армировка подвергается деформациям и при отсутствии видимых нарушений крепи [20]. Данный пример наглядно показывает насколько армировка чувствительна к деформациям крепи, и свидетельствует, что в стволов, подверженных влиянию очистных работ, прежде всего нарушается армировка, а крепь сохраняет работоспособность.

Влияние сопрягающихся со стволовым выработок и камер на состояние крепи и армировки также велико. Детальное обследование стволов с выработками на глубоких горизонтах шахт Центрального Донбасса, проведенное ВНИМИ в 1987 году, позволило установить, что около 35 % обследованных сопряжений имели различной степени повреждения крепи и армировки [21, 22].

Одним из факторов, вызывающим существенные нарушения крепи и армировки, может быть перераспределение напряжений во вмещающих породах в результате их осушения. Характерным примером состояния стволов в условиях работ по водопонижению является эксплуатация вер-



тикальных стволов центральной группы рудников Запорожского железорудного комбината (ЗЖРК) [23,24].

**Фильтрация воды через крепь.** При пересечении стволов участков водоносных горизонтов, особенно с применением предварительного замораживания вмещающих пород, в период эксплуатации стволов наблюдается значительная фильтрация воды через крепь. Наибольшая фильтрация возникает на стыках колец монолитной бетонной крепи, а также в местах крепления расстрелов.

На рис. 2 приведена фотография участка крепи вентиляционного ствола №1 шахты им. Чиха в месте анкерного крепления расстрелов [25]. С целью максимального сохранения сплошности крепи ствол был заармирован с применением узлов крепления расстрелов анкерами. Однако на участке ниже 150 м (см. рис. 2) в настоящее время наблюдается значительная фильтрация агрессивных вод в ствол, в результате чего наблюдается значительная коррозия как бетонной крепи ствола, так и металлических расстрелов. Особенно высока фильтрация на стыках колец бетонной крепи и местах крепления опорных плит расстрелов.

Этот и ряд других примеров свидетельствует о необходимости дополнительной гидроизоляции крепи на участках стволов, пересекающих во-

**Рис. 2. Фрагмент монолитной бетонной крепи вентиляционного ствола №1 шахты им. Чиха в месте крепления расстрела**

доносные горизонты, а также упрочнения пород, непосредственно контактирующих с крепью ствола, с целью повышения их водонепроницаемости.

**Капеж.** Для качественной характеристики обводненности стволов различают:

- капеж – вода падает в виде мелких капель по части сечения ствола;
- капеж в виде дождя – вода падает в виде крупных капель по всему сечению ствола или по его части;
- капеж в виде ливня – вода падает непрерывными струями по всему сечению ствола.

Исследования степени обводненности стволов показали, что крепь многих стволов до глубины 15-40 м является сухой. Ниже этой глубины (40-80 м) на стенках появляются струйки воды, фильтрующейся через крепь. С глубины 40-80 м, а в некоторых стволов с глубины 110-150 м начинается капеж воды. С увеличением глубины капеж становится в виде дождя и даже ливня. Падающая в ствол вода составляет около 60% общего притока воды в ствол. По поперечному сечению ствола вода распределяется неравномерно; у стенок количество ее достигает 70-80% общей массы падающей воды, а посередине – всего 5%.

Также замечено, что клетевые стволы обычно больше обводнены, чем скиповые, что может быть объяснено влиянием на крепь этих стволов температурных колебаний [15].

Высокие водопритоки в результате вымывания бетона в крепи стволов ухудшают качество заделки расстрелов.



**Рис. 3. Накопление минеральных солей на расстреле в стволе с сильным капежом**

Стекание по расстрелам высокоминерализованных вод приводит не только к стремительной коррозии металлоконструкций, но и накоплению на них минерального осадка (рис. 3), увеличивающего нагрузку от собственного веса армировки.

*Воздействие шахтной атмосферы.* Наряду с агрессивными шахтными водами на элементы армировки и крепь ствола воздействует шахтная атмосфера, состоящая из большого количества газов, обладающих окислительными свойствами. Воздействие агрессивных газов в большей степени сказывается на состоянии бетонной крепи, а следовательно и на узлах крепления в ней армировки. По степени агрессивности воздействия на бетон газы можно разделить на 3 группы [1]:

- слабоагрессивные ( $\text{CS}_2$  – сероуглерод,  $\text{CO}_2$  – углекислый газ,  $\text{SiF}_4$  – четырехфтористый кремний);
- среднеагрессивные ( $\text{SO}_2$  – сернистый газ,  $\text{H}_2\text{S}$  – сероводород);
- сильноагрессивные ( $\text{Cl}_2$  – хлор,  $\text{SO}_3$  – сернистый ангидрид,  $\text{HCl}$  – пары соляной кислоты;  $\text{NO}_2$  – двуокись азота).

При влажности воздуха до 50-60% интенсивность коррозии очень мала, в то время как при влажности более 70-80% она возрастает в сотни раз.

Приведенный выше анализ условий работы армировки вертикальных стволов позволяет сделать следующие выводы:

1. Эксплуатация армировки вертикальных стволов осуществляется в очень сложных климатических, горно- и гидрогеологических условиях, для

**Физико-химические воздействия.** К ним относятся воздействия, связанные с протеканием химических реакций взаимодействия элементов армировки с компонентами окружающей среды (газы воздуха, растворенные вещества шахтной воды и др.).

*Агрессия сильноминерализованных шахтных вод.* Подземные воды, циркулируя в горных породах, обогащаются газами, солями, коллоидными веществами и микроорганизмами, приобретают определенный химический состав.

Для Восточного Донбасса наиболее устойчивым является сульфатный тип воды, которая состоит в своем большинстве (98,6%) из атмосферных вод, проникающих в зоны окисления сульфидных минералов и растворяют продукты из глины, глинистых сланцев, известняков и доломитов. Хлориды, сульфаты и карбонаты являются главными компонентами химического состава шахтных вод.

Шахтные воды Восточного Донбасса характеризуются повышенной кислотностью и большим содержанием железа. Попадание таких вод на металлоконструкции армировки способствует многократному усилению процесса окисления, по сравнению с действием кислорода и чистой воды.

которых характерны высокая влажность воздуха, значительные сезонные и некоторые суточные колебания температуры вентиляционной струи, высокая подвижность воздуха, наличие фильтрации высокоминерализованных агрессивных шахтных вод через крепь, капежа, геомеханические воздействия со стороны породного массива.

2. Со стороны подъемных сосудов на армировку действуют как основные эксплуатационные нормативные (лобовая и боковая) силы, так и ряд дополнительных (кориолисова сила инерции, аэродинамические силы, силы трения, силы от эксцентризитета загрузки скипов и неточности монтажа армировки, силы от кручения

подъемного каната, ударные нагрузки на стыках и др.)

3. К основным причинам нарушения армировки относятся воздействие на металлические расстрелы и проводники сильно минерализованных агрессивных вод; влияние очистных работ; воздействие на проводники при движении подъемных сосудов различного рода и характера усилий и ударных нагрузок, температурные воздействия и пр.

4. Разработанная классификация нагрузок и воздействий на армировку требует совершенствования действующей методики проектирования жестких армировок с целью полного учета условий работы конструкций.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Манец И.Г., Снегирев Ю.Д., Паршинцев В.П. Техническое обслуживание и ремонт шахтных стволов. М., Недра, 1987.
2. Методика расчета жестких армировок вертикальных стволов шахт.– ВНИИГМ им. М.М. Федорова.– Донецк, 1985.– 170 с.
3. Пособие по проектированию и монтажу жесткой армировки вертикальных стволов шахт и рудников (к СНиП II-94-80). Гос. ком. СССР по народн. образ., Моск. горн. ин-т / Под ред. И.В. Баклашова.– М.: Недра, 1989.– 160 с.
4. Страданченко С.Г., Прокопов А.Ю. Анализ и совершенствование методики расчета жесткой армировки вертикальных стволов// Горный информационно-аналитический бюллетень – М.: МГГУ, 2006. – Тематическое прил. «Физика горных пород» – С. 325 – 334.
5. Прокопов А.Ю. Совершенствование методики расчета жестких армировок вертикальных стволов, оборудованных высокопроизводительным скиповым подъемом// Техника и технология разработки месторождений полезных ископаемых: Международный науч.-техн. сб. Вып. 7. – Новокузнецк: СибГИУ, 2005. – С. 148 – 155.
6. Прокопов А.Ю., Мирошниченко М.А., Богомазов А.А. Совершенствование методики расчета жесткой армировки стволов с высокой интенсивностью подъема// Совершенствование технологии строительства шахт и подземных сооружений: Сб. науч. тр. – Донецк: Норд-пресс, вып. №11, 2005. – С. 29-30.
7. Прокопов А.Ю. Исследование нагрузок на армировку от действия кориолисовой силы инерции на подъемный сосуд в стволах с высокой интенсивностью подъема// Горный информационно-аналитический бюллетень – М.: МГГУ, 2006. – Тематическое прил. «Физика горных пород» – С. 348 – 353.
8. Белый В.Д. Канатные проводники шахтных подъемных установок. – М.: Угleteхиздат, 1959. – 212 с.
9. Шафранов Н.К., Ягодкин Ф.И. Канатная армировка вертикальных стволов. – М.: Недра, 1976. – 144 с.
10. Прокопов А.Ю. Влияние аэродинамических сил на жесткую армировку вертикальных стволов// Научно-технические проблемы разработки угольных месторождений, шахтного и подземного строительства: Сб. науч. тр. / Шахтинский ин-т ЮРГТУ(НПИ). – Новочеркасск: УПЦ «Набла» ЮРГТУ(НПИ), 2005. – С. 140 – 145.
11. Прокопов А.Ю. Влияние аэродинамических сил на подъемные сосуды и жесткую армировку в стволях с высокой интен-

- сивностью подъема// Горный информационно-аналитический бюллетень – М.: МГТУ, 2006. – Тематическое прил. «Физика горных пород» – С. 309 – 316.
12. Прокопов А.Ю. Влияние эксцентрикитета загрузки скипов на формирование нагрузки на жесткую армировку в стволях с высокой интенсивностью подъема// Горный информационно-аналитический бюллетень – М.: МГТУ, 2006. – Тематическое прил. «Физика горных пород» – С. 366 – 378.
13. Стаданченко С.Г., Прокопов А.Ю., Басакевич С.В. Влияние отклонений проводников и продольной оси скипа от вертикали на формирование дополнительных лобовых нагрузок на армировку// Материалі міжнародної конференції «Форум гірників-2006». – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2006. – С. 184 – 190.
14. Прокопов А.Ю., Курнаков В.А. Исследование влияния неточности стыков проводников на формирование ударной нагрузки при движении большегрузных скипов// Изв. Вузов. Сев.-Кавк. Регион. Техн. науки. – 2006. – Прил. №9. «Перспективы развития Восточного Донбасса». – С. 106 – 110.
15. Вяльцев М.М. Прогноз и регулирование термонапряженного состояния горных выработок. – М.: Недра, 1988. – 200 с.
16. Правила безопасности в угольных шахтах. – Самара: Самарск. дом печати, 1995. – 242 с.
17. Стаданченко С.Г. Технология армирования вертикальных стволов на участках деформирующегося породного массива. Дисс. ... канд. техн. наук. – Новочеркасск: НГТУ, 1998. – 101 с.
18. Акимов А.Г., Козел А.М. Защита вертикальных стволов шахт от влияния очистных работ. – М.: Недра, 1969. – 129 с.
19. Кузел А.М. Геомеханические вопросы проектирования и поддержания шахтных стволов. Кн. 1. Условия поддержания, состояния, виды и причины деформаций вертикальных стволов. – СПб: Недра, 2001. – 216 с.
20. Тюрик К.М., Сычев А.С., Прагер В.А., Зинченко В.Я. Обеспечение податливости крепи стволов, подверженных влиянию очистных работ. – М.: изд. ИГД им. А.А. Скочинского, 1972. – Труды ВНИИОМШС.– Вып. 21. – С. 66 – 76.
21. Кулешов В.М., Южанин И.А., Кулибаба С.Б., Дрибан В.А. Охрана и поддержание глубоких вертикальных стволов в Донбассе: Обзор. инф. / ЦНИЭИуголь – М., 1987.– Вып. 14.– 31 с.
22. Филатов Н.А., Репко А.А., Южанин И.А. Особенности деформирования крепи сопряжений стволов глубоких шахт// Методы изучения и способы управления горным давлением в подземных выработках.– Л.: ВНИМИ, 1987. – С. 84 – 89.
23. Нигматуллин В.С. Производственные исследования в стволях центральной группы Запорожского ЖРК// Шахтное строительство. – 1984.– № 10 .– С. 8 – 10.
24. Нигматуллин В.С., Малтыз Ю.П., Мусиенко В.Д. Экспериментальные исследования нагрузок, действующих на центральные расстрелы стволов// Шахтное строительство. – 1986. – № 5. – С. 17 – 19.
25. Стаданченко С.Г., Прокопов А.Ю., Басакевич С.В. О возможности применения анкер-инъекторных конструкций для крепления элементов армировки и упрочнения породного массива// Проблемы подземного строительства и направления развития тампонажа и закрепления горных пород: Материалы научно-практической конференции – Луганск: Изд-во Восточноукраинского национального университета им. В. Даля, 2006. – С. 148 – 152. **ГЛАВ**

### **Коротко об авторах**

**Ягодкин Ф.И.** – доктор технических наук, профессор, директор НТЦ «Наука и практика», (г. Ростов-на-Дону), профессор кафедры «Подземное, промышленное, гражданское строительство и строительные материалы» ШИ(ф) ЮРГТУ(НПИ), г. Шахты, Россия, nauprak@aaanet.ru

**Прокопов А.Ю.** – кандидат технических наук, доцент, заместитель директора Шахтинского института Южно-Российского государственного технического университета по образовательной и научной деятельности, доцент кафедры «Подземное, промышленное, гражданское строительство и строительные материалы», г. Шахты, Россия, prokopov72@rambler.ru